Evaluación de la remoción de fenoles, fósforo y nitratos en agua residual doméstica rural en Bruselas Huila, a partir de un sistema de fitorremediación con buchones de agua (*eichhornia crassipes*).

AUTOR:

FABIAN ALEJANDRO MUÑOZ CRUZ

Cedula: 1.083.892.269

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

ECAPMA "ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIA Y DEL MEDIO AMBIENTE"

INGENIERIA AMBIENTAL

PITALITO – HUILA

2016

Evaluación de la remoción de fenoles, fósforo y nitratos en agua residual doméstica rural en Bruselas Huila, a partir de un sistema de fitorremediación con buchones de agua (*eichhornia crassipes*).

FABIAN ALEJANDRO MUÑOZ CRUZ

Cedula: 1.083.892.269

Trabajo de investigación para obtener el título de ingeniero ambiental

Directora:

Myrian Sofía Guzmán Oliveros

Ingeniera Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

ECAPMA "ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIA Y DEL MEDIO AMBIENTE"

INGENIERIA AMBIENTAL

PITALITO – HUILA

2016

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Presidente del Jurado

_____

Jurado

_____

Jurado

Ciudad y fecha (_ _) (_ _ _) (_ _ _ _), fecha de entrega (_ _) (_ _ _) (_ _ _ _)

DEDICATORIA:

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios y a mi Santa Marta, por haberme dado la fortaleza, sabiduría e inteligencia para permitirme haber llegado este momento en mi formación profesional. A mi familia (mi madre Gloria por haberme dado la vida y la esperanza de ser como soy, a mi tía Elizabeth y su esposo, por haberme enseñado el significado del esfuerzo y sacrificio para alcanzar mis metas propuestas y darme la oportunidad de seguir adelante sin mirar atrás, a mis abuelos maternos por darme un hogar y enseñarme el significado de servir, a mis hermanos Juan y Diego por siempre acompañarme en las buenas y en las malas, y por ultimo a mi pareja Alejandra y a mi futuro hijo que está en gestación que son otro motivo para seguir avanzando, gracias a ellos puedo tener una mejor perspectiva hacia el futuro y seguir sirviendo de la mejor manera, sencilla y humilde hacia las demás personas.

AGRADECIMIENTOS:

Al finalizar este trabajo de grado, y después de haber terminado mi pregrado en la Universidad lleno de alegrías y satisfacciones, es necesario culminar este ciclo en la vida no sin antes expresar nuestros más humildes agradecimientos, en primer lugar a la UNAD por haberme permitido adquirirlos pensamientos necesarios para desempeñarme como profesional, A mi directora de proyecto la ingeniera Myrian por haberme guiado y darme su apoyo en esta última etapa de mi formación, a las ingenieras Nelly y Martha por haberme enseñado la importancia de investigar perfeccionar mi profesión, y a los tutores en general del CEAD Pitalito, que de una u otra forma me dieron enseñanzas para culminar mi proceso.

Contenido

LISTA DE TABLAS:

ILUSTRACIONES DE Infostat/L

ANEXOS:

RESUMEN:

El siguiente proyecto de investigación pretende evidenciar la viabilidad de la remoción de los contaminantes más comunes generados por la actividad agrícola de la producción de café "nitratos, fosforo y los fenoles" que actualmente afecta los ríos del el sur del Huila, especialmente fuentes abastecedoras de agua los diferentes rincones del sur del departamento, por ende se intentara implementar un sistema de fitorremediación con la siguiente especie de buchones de agua *"Eichhornia crassipes"*. En la cual se evaluara su nivel de eficiencia en la remoción de dichos contaminantes y su viabilidad económica para que las mayorías de personas en la parte rural del sur del Huila lo acojan y disminuyan el impacto negativo generado por los contaminantes descritos anteriormente.

Palabras claves: *Eichhornia Crassipe, Fenoles, Fosforo, Nitratos, Remoción Aguas Contaminadas.*

SUMMARY:

The following research project aims to demonstrate the feasibility of removal of the most common pollutants generated by agricultural activity coffee production "nitrates, phosphorus and phenols" currently affecting the rivers of southern Huila, especially supply sources of water different corners of the southern department therefore is trying to implement a system of phytoremediation with the following species of water buchones "Eichhornia crassipes". In which their efficiency is evaluated in the removal of these pollutants and their economic viability for the majority of people in the rural part of southern Huila welcome him and reduce the negative impact of the pollutants described above.

Key words: *Eichhornia Crassipe, Phenols, Phosphorus, Nitrates, Removing Water contaminated.*

1. INTRODUCCIÓN:

La industria cafetera está considerada como una de las más contaminantes en el mundo con alteraciones ambientales. La contaminación ocasionada por estas industrias en el proceso de beneficio del café constituye un serio problema en los países productores del mismo. El procesado del fruto, se realiza generalmente mediante el llamado "Beneficio Húmedo del Café", en el que se consumen grandes cantidades de agua y casi el 80% del fruto se considera de poco o nulo valor económico y por consiguiente es designado como desecho, el cual se vierte generalmente en los ríos, generando fuertes olores, contaminándolos, más los propios problemas sociales que esta situación trae, sobre todo, limitaciones con sus usos con fines recreativos y de sustento familiar por la contaminación de los ríos en épocas cafetaleras (Pérez, 2008).

En este sentido y considerando la investigación de Real y Gutiérrez (2010), "por cada tonelada de café producida desde el sembrado hasta el consumo humano, se generan aproximadamente 28.000 Litros de aguas residuales, correspondiendo 8.000 Litros al despulpado y 20.000 Litros al lavado". En este sentido y complementando la información de estos autores, se analizaron siete muestras de agua de despulpado más o menos con las mismas condiciones de café, a las que se les determinó pH, temperatura, demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, carbohidratos totales, taninos, fenoles, cafeína, ácidos grasos volátiles (AGV) y alcalinidad, como lo propone la literatura.

La tabla 1: de Caracterización físico-química de las aguas residuales del despulpado húmedo, se construyó con datos de: Real J., & Gutiérrez J., (2010), Díaz S., Vesga E., & Vega H., (2013), García S. (2010).

Tabla 1: Caracterización físico-química de las aguas residuales del despulpado húmedo

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
pH inicial	4,6	Taninos (mg/L)	0,16
Temperatura (ºC)	28	Fenoles (mg/L)	80,0
DQO (mg/L)	8936,84	Cafeína (mg/L)	23,0
Nitrógeno total (mg/L)	8,624	AGV (mg HAc/L)	6,96
Nitrógeno amoniacal (mg N-NH3 /L)	1,848	Alcalinidad (mg CaCO3/L)	15,0
Carbohidratos totales (g/L)	0,83	Fosforo total (mg/L)	25,0

Nitrógeno como N-NH3 (mg/L)	15	Solidos Totales (mg/L)	8000

Dado que actualmente el sur del departamento del Huila cuenta con variedad de cafés especiales, y por verificación realizada en campo, se considera que en el corregimiento de Bruselas del Municipio de Pitalito Huila (en las diferentes fincas cafeteras), se presentan problemáticas ambientales por el manejo inadecuado de las aguas de despulpado húmedo.

2. OBJETIVOS:

2.2. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la eficiencia de la macrófita buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) en la remoción de fenoles, nitratos y fosforo de las aguas residuales rurales generadas en una finca cafetera del Corregimiento de Bruselas Municipio de Pitalito Huila.

2.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Proponer un prototipo de diseño de un sistema de fitorremediación con buchones de agua (Eichhornia crassipes).
- Determinar la remoción de fenoles, nitratos y fosforo con la especie buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) para las aguas residuales rurales generadas en una finca cafetera del corregimiento de Bruselas Huila.
- Evaluar el impacto generado por la utilización del buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) en la remoción de fenoles, nitratos y fosforo en las aguas residuales rurales generadas en la finca cafetera escogida para desarrollar el prototipo.

3. JUSTIFICACIÓN:

Según (Garbisu C., Epelde L., & Becerril J., 2008). La fitorremediación es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, que en la actualidad está siendo aplicada en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos. Frente a las tradicionales técnicas físico-químicas, la fitorremediación presenta diversas ventajas entre las que se puede destacar su menor coste económico, su aproximación más respetuosa con los procesos ecológicos del ecosistema edáfico, y el hecho de ser una tecnología social, estética y ambientalmente más aceptada. Por ello, no es de extrañar que la fitorremediación se contemple cada vez más como una alternativa medioambientalmente respetuosa, frente a las técnicas físico-químicas.

Mundialmente, el buchón de agua es conocido como una plaga por su acelerada reproducción, que en ocasiones bloquea las fuentes hídricas. Sin embargo, científicos de todo el mundo han reconocido la capacidad de absorción que tiene esta planta frente a varios minerales de metales pesados, hidrocarburos u otros minerales en la cual descomponen la calidad del agua. (Franco A., 2012).

Por medio de esta investigación se pretende evaluar la capacidad de tratar los dichos contaminantes “fenoles, fosforo y nitrógeno” por medio de los buchones de agua (*Eichhornia crassipes*).

4. SITUACIÓN ACTUAL EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

La fuente de la información tomado de (Martelo J., & Lara J., 2012).

Las macrófitas flotantes comprenden un amplio y variado grupo de plantas, entre las que se destacan el jacinto de agua o buchón de agua *(Eichhornia crassipes)*, la lechuga de agua (*Pistia strartiotes*), la salvinia (*Salvinia Spp*.), la redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), algunas especies de lentejas de agua (*Lemna Spp., Spirodella Spp.)* La morfología de las macrófitas flotantes difiere dependiendo de la especie. Por ejemplo, el buchón de agua (especie predominante en los sistemas de tratamiento) es una planta perenne de agua dulce, con desarrollo ascendente, de tallo vegetativo sumamente corto, hojas de color verde brillante y espigas de flores de lavanda. Los peciolos de las planta son elongados y abultados de aire que contribuye a la flotabilidad de la planta. **El anexo 1** en la cual se encuentra en la parte inferior del sistema, se ilustra las anteriores características.

De acuerdo con los procesos que tienen lugar para la depuración de contaminantes con macrófitas flotantes se dan a través de tres mecanismos

Primarios:

- Filtración y sedimentación de sólidos.
- Incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosechado.
- Degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas; y en los detritos del fondo de la laguna, dependiendo del diseño del prototipo.

Durante la etapa de crecimiento, las macrófitas absorben e incorporan los nutrientes en su propia estructura y funcionan como sustrato para los microorganismos que promueven la asimilación de estos nutrientes a través de transformaciones químicas, incluyendo nitrificación y desvitrificación. Estos sistemas de tratamiento (acuáticos) se basan en el mantenimiento de una cobertura vegetal de macrófitas flotantes sobre la lámina de agua, y se disponen a modo de estanques o canales en serie, debidamente aislados, en los que discurre el influente. Su diseño contempla la remoción periódica de las plantas.

Según la citación de (Martelo J., & Lara J., 2012): La efectividad de las macrófitas flotantes en la depuración de aguas residuales con contenidos de materia orgánica y nutriente ha sido estudiada por varios autores:

- Crites y Tchobanoglous (1970) realizaron las primeras exploraciones con macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales, según citados por Bolaños, Casas y Aguirre, se llevaron a cabo en la década de los 70´s en el centro espacial de la National and Space Administration -NASA-, como potencial sistema de tratamiento de aguas residuales en viajes espaciales.

- Harvey y Fox (1973) ensayaron con *(Lemna minor)* en la remoción de nutrientes, obteniendo resultados de 89% y 67% para nitrógeno y fósforo respectivamente.
- Rodríguez, Díaz, Guerra, y Hernández (1993), adelantan en Cuba un estudio comparativo de la capacidad depuradora de cinco especies de macrófitas flotantes. Los resultados demostraron buenas eficiencias en la remoción de este tipo de contaminantes. También se observó una importante influencia del tamaño de la planta y de su sistema radicular en la remoción de los contaminantes.
- Nahlik y Mitsch (1993), a través de la implementación de cinco sistemas de tratamientos dominados por macrófitas flotantes, compararon los desempeños en remoción de materia orgánica y nutriente en la cuenca del río Parismina al este de Costa Rica. Los niveles de amoníaco y fosforo fueron reducidos hasta en un 92%.
- Zimmels, Kirzhner, y Malkovskaja (1993), donde se estudió a escala piloto el comportamiento de dos macrófitas flotantes *(Eichhornia crassipes y Pistia stratiotes)* en la disminución de la demanda biológica de oxigeno -DBO-, demanda química de oxigeno -DQO-, turbidez, y solidos suspendidos totales -SST- del agua residual urbana en Israel. Los resultados indicaron que en términos de estos parámetros, el efluente cumple con los estándares para el uso en sistemas de riego.

Sooknah y Wilkies (2004), evaluaron además de la disminución de contaminantes comunes, el comportamiento de variables fisicoquímicas a lo largo del tratamiento de aguas residuales provenientes de un digestor anaerobio de un efluente lechero. Las especies de macrófitas empleadas fueron *(Pistia stratoties, Eichhornia crassipes, e Hydrocotyle umbellata).*

5. MARCO DE REFERENCIA O TEORICO:

5.1. MARCO TEORICO:

- Para Espigares M., & Pérez J., (2010), las Aguas residuales domesticas rurales: En general, constituyen una mezcla de aguas domésticas de la población, junto con las de riego de las tierras y el manejo del ganado. La búsqueda de una mayor productividad agrícola ha llevado al empleo de una gran variedad de sustancias que, a la par que causan beneficios, pueden producir daños de forma indirecta. Así, los fertilizantes tienen sus desventajas: nitratos, fosfatos y compuestos de amonio pueden contaminar ríos, lagos y mares, alterando el equilibrio de las especies acuáticas. También se utilizan plaguicidas: herbicidas, fungicidas y pesticidas. Estas sustancias pueden producir un efecto tóxico sobre las especies, incluido el hombre. En el agua, los pesticidas pueden ser descompuestos por mecanismos físicos, químicos y microbiológicos. Pero, para asegurar su biodegradación, antes de emitirlos al medio ambiente, se debe conocer su potencial de bioconcentración y biodegradación microbiana.
- Para Delgadillo A., & compañía. (2011), la Fitorremediación: La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. En esta revisión se presenta un panorama de las diversas técnicas fitocorrectivas empleadas para restaurar suelos y efluentes contaminados

5.2. MARCO CONCEPTUAL:

El siguiente trabajo de investigación se va a realizar como una prueba piloto en Bruselas “Pitalito – Huila”, se escogió ese lugar debido a que es una zona muy cafetera y produce un excelente café, probado en muchas partes del mundo, con muy buenas evaluaciones, sin embargo se evidencia también (por diferentes visitas de campo), que se generan y vierten aguas residuales en la producción del café. Ubicación por Google Earth el lugar de estudio. Con una ubicación geográfica de 1°46´28.24´´N y 76°10´28.95´´O. elevación de 1459 msnm. **Ver anexo 2**

5.3. MARCO ESTRUCTURAL:

Definiciones de los principales contaminantes a evaluar, La fuente de la información tomado de Altamira D., Rincón N., & compañía. (2005), Agua en Navarra (2010):

- FENOLES EN AGUAS RESIDUALES: Los fenoles son sustancias tóxicas frecuentemente encontradas en los ambientes acuáticos como resultado de la contaminación a partir de una gran variedad de fuentes (industriales, biogeoquímicos, degradación de pesticidas, entre otras). La alta toxicidad de los compuestos fenólicos ha hecho que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA) y la Comunidad Económica Europea, los consideren como contaminantes prioritarios. En tal sentido, la remoción de fenoles de las aguas residuales industriales tiene gran importancia ambiental
- FOSFORO EN AGUAS RESIDUALES: Los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fosforo que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento; excreciones humanas y animales; y detergentes y productos de limpieza. La carga de fosforo total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. Tan sólo 1 gramo de fosfato-fósforo (PO4-P) provoca el crecimiento de hasta 100 gramos de algas.
- NITRATOS EN AGUAS RESIDUALES: Los nitratos existentes en el agua son, habitualmente, consecuencia de una nitrificación del nitrógeno orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua. Como contaminantes debido a actividades humanas provienen de contaminación orgánica o de la contaminación por abonos químicos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye a los nitratos entre los componentes del agua que pueden ser nocivos para la salud. Son peligrosos para concentraciones superiores a 50 mg/l.
- BUCHON DE AGUA: *Eichhornia crassipes* pertenece a la familia *Pontederiaceae*, del grupo de las monocotiledóneas y es originaria del amazonas. El género está ampliamente distribuido en el geo trópico; es una especie sin raíces o con raíces colgando en el agua. Sus hojas forman roseta, sin hojas sumergidas y con pedúnculo largo (Valera, 2001). El Buchón de agua crece en una gran variedad de humedales y prefiere las aguas enriquecidas en nutrientes, sin embargo, puede tolerar varios niveles de temperatura y pH. Su capacidad de sobrevivencia y de germinación es asombrosa ya que puede permanecer en estado de pregerminación hasta por quince años. (*Eichhornia crassipes)* es una planta de rápido crecimiento distribuida en casi todos los países tropicales, que puede tolerar condiciones de contaminación por metales o por eutrofización de cuerpos de aguas lenticos y loticos. Esta planta se ha convertido en un problema ambiental; no obstante, ha

despertado interés en el tratamiento de la contaminación por metales en suelos agrarios y cuerpos de agua.

5.4. MARGO LEGAL:

De acuerdo con lo anterior las normas que rigen para el monitoreo de agua en diferentes usos en Colombia están:

- Resolución 2115 del 2005 calidad de agua para consumo humano:

Tabla 2: Resolución 2115 del 2005 calidad de agua para consumo humano:

Parámetro	Valor de agua contaminada	LÍMITE permisible establecido por la ley colombiana
Fenoles (mg/L)	80	0,002
Fosforo (mg/L)	15	0,5
Nitrato (mg/L)	25	0,1

Ley 99 de 1993, ley general de los recursos naturales de Colombia Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios:

Tabla 3: Ley 99 de 1993

Ley 99 de 1993 Parámetro	Valor de agua contaminada	LÍMITE permisible establecido por la ley colombiana		
		Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Fenoles (mg/L)	80	0,001	0,001	0,001
Fosforo (mg/L)	15	0,5	0,5	1
Nitrato (mg/L)	25	0,2	0,2	0,4

Tabla 4: Decreto 1594 de 1984 y Decreto 3930 de 2010

Parámetro	Valor de agua contaminada	LÍMITE permisible establecido por la ley colombiana
Fenoles (mg/L)	80	0,002
Fosforo (mg/L)	15	15
Nitrato (mg/L)	25	40

Tabla 5: Límites de descarga en agua dulce

Parámetro	Valor de agua contaminada	LÍMITE permisible establecido por la ley colombiana
Fenoles (mg/L)	80	0,2
Fosforo (mg/L)	15	10
Nitrato (mg/L)	25	10

Tabla 6: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetro	Valor de agua contaminada	LÍMITE permisible establecido por la ley colombiana
Fenoles (mg/L)	80	0,2
Fosforo (mg/L)	15	10
Nitrato (mg/L)	25	40

6. METODOLOGÍA:

- Tipo de Estudio: aplicado.
- Diseño de la investigación: experimental de tipo cualitativo-cuantitativo.
- Población: *Caracterización de la población que participará en el proyecto.* No aplica.
- Procedimiento para determinar la muestra: de tipo *Cuantitativa:*
    1. Diseño del prototipo. Para poder proponer el prototipo, se considera la información secundaria de manejo de buchón de agua y adicionalmente se reconoce el caudal del agua residual de una finca cafetera y las condiciones físicas del agua residual como el color, olor y adicionalmente se considerara el pH. más aun las condiciones físicas del terreno para construir el prototipo que permita el crecimiento de la macrófita.
    2. Construcción del prototipo De acuerdo a los parámetros que se plantean en el diseño del prototipo. Ver memorias de cálculo Anexo 9:
    3. Determinación de número de muestras: Se realizará luego de la estabilización del prototipo a partir del tercer mes, de acuerdo con el cronograma de actividades propuesto en el proyecto. Se considera de acuerdo a los parámetros medidos a la entrada y salida del prototipo; se realiza un análisis univariado, con 10 repeticiones (entrada y salida), en donde se evaluarán éstas variables: fenoles, fósforo y nitrato.
    4. Procedimiento de cómo se mide el fosforo, nitrato y fenoles, pH, conductividad, temperatura y caudal.
    5. Calificación: por matrices de evaluación Leopold y documento final. Se aclara que los análisis de datos se van a comparar con las normas Colombianas con énfasis en manejo y usos de agua.
    6. Recolección de la información: Se recolectará información en una base de datos. Análisis de los datos: Tipo estadístico Infostat versión del 17 de junio del 2015 para el tratamiento de los resultados.

7. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN:

Ubicación

El presente proyecto de investigación se desarrolló en una finca cafetera en el sur de municipio de Pitalito, en el corregimiento de Bruselas en la vereda el Jazmín, Ubicación geográfica de la finca por medio de un GPS y google Earth.

- Ubicación por GPS Garmin con una altura 1556 msnm

Coordenadas N 1°45,970´ W76°11,142´. **Ver anexo 3.**

Con una distancia desde el centro del casco urbano del municipio de Pitalito a la vereda el Jazmín donde se ubica la finca del corregimiento de Bruselas un total de 19,59 Km.

Ubicación en el programa informático Google Earth que muestra el planeta de manera virtual y visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital de cualquier parte del planeta. **Ver anexo 4**

Interior de la finca e instalaciones generales. Se aclara que la finca cuenta con 4,5 hectáreas productivas de café. **Ver anexo 5**

Inicio de actividades – acondicionamiento con respecto al prototipo.
Considerando las instalaciones que la misma finca ofrecía, el proyecto empezó con el acondicionamiento de una alberca construida por los dueños de la finca, que presentaba las siguientes medidas: 1.50 m de profundidad, 3 m. de largo y 2 de ancho. Se aclara que el acondicionamiento pretendido era la estabilización de los buchones de agua, entre las aguas residuales domésticas de la finca y que incluía el agua de lavado de café. **Ver anexo 6**

A los 15 días de haber dispuesto todo lo requerido para la estabilización de las macrófitas en la alberca para desarrollar el proceso de fitorremediación, el sistema no funcionó ya que los buchones murieron, debido a la carga contaminante, es decir que los buchones no resistieron la alta concentración de fenoles, fosforo, nitratos y otros compuestos que se encuentran en el agua de lavado del café. **Ver anexo 7**

Posterior a ello se buscó una nueva estrategia y puesto que el énfasis del proyecto es conocer la capacidad de absorción especialmente de fenoles, fosforo y nitratos del agua residual del lavado de café, se definió y se tomó exclusivamente el vertimiento de lavado de café.

Adicionalmente se propone realizar una disolución del vertimiento, ya que al encontrase cerca una fuente de agua natural que nace dentro del predio, la disolución de la carga contaminante era muy sencilla y permitía la disminución de la carga contaminante generada por los vertimientos

de lavado de café. En este sentido y considerando el prototipo propuesto, se inspecciono un nuevo punto en la cual se realizaría y construiría, para estabilizar el sistema.

Considerando el permiso dado por los dueños de la finca, se revisó el terreno para la implementación del sistema y se tuvo en cuenta la fuente de agua sin nombre, para que permitiera la disolución de los contaminantes y así se lograra que los buchones vivieran y se estabilizaran. **Ver anexo 8**

Nuevas condiciones de disolución y propuesta de prototipo:

Reiterando la información, se expresa nuevamente que el sistema se estabilizó de mejor manera al incluir el agua de una fuente natural de caudal intermitente, que permitió una disolución al vertimiento de agua residual que incluía el agua de lavado de café. **Ver anexo 7.1. Foto del nacimiento de agua.**

Esto quiere decir que el agua de la fuente natural, se incluye en el tramo entre las instalaciones de la finca y el sistema de tratamiento de fitorremediación, ayudando a que los buchones se adaptaran mejor, en pocas palabras la dilución que aporto la fuente natural a la concentración de los fenoles fue un apoyo, ya que en los sistemas convencionales (ofrecidos por el ministerio de agricultura y la federación de cafeteros), usualmente y por experiencia de las personas cafeteras de la zona, los filtros colapsan y no funcionan.

Para una mayor comprensión se presentan los datos generales de las características fisicoquímicas del vertimiento de agua residual del lavado de café o despulpado húmedo, y de los parámetros fisicoquímicos de la fuente natural, para de esta manera presentar la disolución que se hace antes del ingreso al prototipo o sistema de fitorremediación con buchones de agua.

Se aclara que esta información también se incluye en el anexo 9, memorias de cálculos y criterios de diseño.

Tabla 7: Caracterización físico-química de las aguas residuales del despulpado húmedo (sin disolución)

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
pH inicial	4,6	Taninos (mg/L)	0,16
Temperatura (ºC)	28	Fenoles (mg/L)	80,0
DQO (mg/L)	8936,84	Cafeína (mg/L)	23,0
Nitrógeno total (mg/L)	8,624	AGV (mg HAc/L)	6,96

Nitrógeno amoniacal (mg N-NH3 /L)	1,848	Alcalinidad (mg CaCO3/L)	15,0
Carbohidratos totales (g/L)	0,83	Fosforo total (mg/L)	25,0

Tabla 8, Parámetros fisicoquímicos del agua de la fuente natural.

Parámetro	Resultado:
pH	7,4
Temperatura	20,4 °C
Conductividad	30 (µS/s)
Fenol	0,0 mg/L
Fosforo	1 mg/L
Nitrato	0,0 mg/L
Caudal	0,05 L/seg.

Tabla 9, Manejo de disolución entre el vertimiento y agua de fuente natural

Variables	Fenoles (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Nitratos (mg/L)	pH	Conductividad Eléctrica (µS/s)	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)
Entrada STAR con la dilución.							
PROMEDIO	**5**	**4,82**	**8,18**	**4,64**	**528,18**	**21,21**	**0,17**
% de dilución							

Resultado	93,75	80,72	No hay datos	No cambio de pH	No aplica debido a las sales del café	Bajo 6,79°C	No aplica

Memoria de cálculos - generalidades:

En el **anexo 9** se presentan puntualmente las memorias de cálculo, sin embargo en esta sección se consideraran las medidas generales extraídas de las memorias:

Medidas:

Profundidad: 1,5 metros

Ancho: 9 metros

Largo: 11 metros.

Materiales: Se asume que como parte del prototipo se considera manejar una geomembrana para mantener la impermeabilización, ya que este no se reviste de ningún otro material de construcción, y de esta manera se disminuyen los costos, siendo accesible y asequible para la comunidad rural que trabaja con café.

Como una nota adicional, se incluye que por costos, se utilizó una capa de plástico negro de alto calibre, ya que los suelos de esta parte del país, contienen altas concentraciones de arcilla, y al ser esta un impermeabilizante natural, permite que el agua no se filtre y mantenga las condiciones necesarias para que el sistema proyectado funcionara adecuadamente.

Consecuentemente se considera también que el prototipo tiene una:

Capacidad de 148.5 m^3.

Tiempo de retención: $242{,}64\ h, o\ 10,11\ días,$

Caudal de entrada: 0,17 L/seg.

Caudal de salida: 0,062 L/seg.

Cabe resaltar que los materiales y métodos realizados en el diseño e implementación del prototipo fueron adecuados para la población rural donde la mayoría de los cafeteros son de estrato media – baja, y así poder implementarlos en todo el sur del Huila y todas las partes cafeteras de Colombia.

Para ver las características físicas del sistema de fitorremediación para el tratamiento de aguas provenientes del lavado del café es necesario **Ver el anexo 10**

Trabajo de campo

Nueva estabilización de las plantas buchones de agua:
El trabajo de campo del proyecto de investigación se basó en tres fases: El primero fue nuevamente la estabilización y reproducción del buchón de agua en el prototipo planteado siendo incluido en el sistema los pequeños, 15 días después los buchones medianos y luego de otros 15 días buchones adultos.

Esto quiere decir que se recolectaron nuevamente buchones de agua del humedal ubicado por la vía circunvalar, a 600 metros del centro comercial San Antonio Plaza: y se capturaron varios especímenes de buchones pequeños para estabilizarlos durante el prototipo o sistema de tratamiento. Este procedimiento se efectuó durante 15 días, para ver cómo se comportaba el prototipo y si se aguantaba la carga contaminante. **Ver anexo 11**

Para seguir con la investigación, se tomaron los buchones medianos para seguir con la evaluación y adaptación del sistema de fitorremediación: **ver anexo 12.** Se aclara que en esta etapa de implementación, los buchones pequeños murieron a los ocho días de haberlos implantado al sistema. Por ello Los buchones medianos comenzaron a soportar la carga contaminante pero el fenómeno natural del niño afecto todo el proceso. Debido al problema anterior se acogieron los buchones grandes para evaluar su comportamiento, **ver anexo 13**

Se extrajeron los buchones secos del prototipo para evidenciar los estragos del fenómeno del niño, por ende de acuerdo con las lecturas de la revista científica (CIIFEN) "centro internacional para la investigación del fenómeno del niño" donde explican Durante el mes de diciembre 2015, El Niño estaría muy próximo a alcanzar su máxima intensidad. La temperatura del mar (TSM), en extensas áreas del Océano Pacífico Tropical, registra anomalías de hasta 4.0ºC. En la zona ecuatorial, bajo la superficie del mar (entre 100 y 200m)

Para mayor información sobre el fenómeno del niño donde afecto el proyecto en el mes de enero en las siguientes referencias bibliográficas:

CIIFEN (2016)"Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), informe del mes de enero, recuperado de la página en la fecha de 01 de febrero de 2016, http://www.ciifen.org/images/stories/boletinciifen/Boletn_CIIFEN_Enero_2016.pdf

CIIFEN (2016)"Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), informe del mes de febrero, recuperado de la página en la fecha de 01 de febrero de 2016, http://www.ciifen.org/images/stories/boletinciifen/Boletn_CIIFEN_Febrero_2016.pdf

Ver anexo 14

También se afectó el nivel del agua del sistema de fitorremediación, los buchones medianos, no soportaron los cambios bruscos de la región a consecuencia del fenómeno del niño.

Considerando lo anterior, se tomaron buchones de agua adultos, para ver si se podían estabilizar, pero los que sobrevivieron fueron pocos, lo que evidenció que el sistema se estabilizaba y fue un buen indicador que el sistema no había colapsado completamente. **Ver anexo 15**

Como una nota al margen, se presenta que este fenómeno del niño fue muy fuerte en nuestra zona y como soporte puntual se presenta el lugar de donde se extrajeron los buchones de agua (buchones madre) para iniciar el prototipo diseñado por el autor. La evidencia es que el fenómeno del niño, seco completamente el humedal y se desertifico en un 95% en 2 meses de intenso verano. **Ver anexo 16**

Con lo anterior en el momento final de la etapa de sequía o etapa madura del fenómeno del niño, comenzaron las precipitaciones por el corregimiento de Bruselas, el sistema volvió a tomar las condiciones óptimas para el tratamiento de las aguas del lavado del café. Ver **anexo 17**

Monitoreo de entrada y salida del sistema de fitorremediación.

Al tercer mes el sistema se estabilizo, y se pudo comenzar con la segunda fase, en la cual se inicia el monitoreo de la entrada y salida del sistema: **ver anexo 18 y anexo 19**

Inicialmente se revisan parámetros físicos del agua como son olor y color.

El olor al estabilizarse el sistema no es un olor ofensivo sino que es un leve olor, característico de las aguas residuales del lavado de café.

Al momento de ingresar el agua residual del lavado de café al sistema, se evidencia un color café intenso que se va degradando hasta un color verde claro que se referencia con aguas que contienen algas verdes. **Anexo 20**

Con el tiempo se evidencio presencia de un bioindicador "*plegadis ridgwayi"*: **ver anexo 21,** que se permitió evidenciar la importancia de implementar sistemas de tratamiento naturales, con el tiempo se convierten en humedales artificiales debido a que son interferencias antrópicas.

Se aclara que en esta etapa, se realizaron los muestreos tanto de la entrada como de la salida de elementos como son fenoles, fosforo y nitratos, de manera periódica, tomando de forma acumulada 10 datos de entrada y 10 datos de salida para cada uno de estos elementos y adicionalmente se tomaron datos de pH, conductividad, temperatura y caudal. Los datos encontrados fueron medidos con:

7.1. Métodos, equipos y procedimiento:

Métodos:

Para la caracterización fisicoquímica de los contaminantes se implementaron el método colorimétrico para el análisis químico y el método potenciométrico se realizaron a los físicos.

Equipos:

Para mediciones físicas:

HI 9811 es un medidor combinado portátil e impermeable, completo y versátil, diseñados con la mayor precisión y simplicidad. El modelo nos proporciona mediciones para rangos de pH, °C y TDS, que pueden ser fácilmente seleccionados mediante un teclado de membrana en el panel frontal.

Las mediciones de Conductividad compensan automáticamente los cambios de temperatura mediante un sensor de temperatura integrado. El coeficiente de temperatura está fijado a 2%/°C. HI 9811 es un medidor de pH/CE/TDS diseñado para realizar mediciones de pH, µS/cm y mg/l.

Para mediciones químicas:

HI 3833 TEST KIT DE FOSFORO:

El nivel de ortofosfato en mg/L (o ppm) se determina por un método colorimétrico. El Molibdato de Amonio y el tartrato de antimonio de potasio, reaccionan un medio ácido con el ortofosfato para formar un complejo fosforomolibdato, que se reduce a un azul molibdeno de intenso color debido al ácido ascórbico. La intensidad de color de la solución determina la concentración de fosfato.

HI 3874 TEST KIT DE NITRATO:

Los Nitratos se reducen a Nitritos en presencia del Cadmio. Los nitritos producidos de este modo reaccionan con el reactivo hasta producir un compuesto naranja. La cantidad de color desarrollado es proporcional a la concentración de nitrato presente en la muestra acuosa.

HI 3864 TEST KIT FENOLES:

Los compuestos fenólicos reaccionan para formar un color amarillo a naranja con tinte 4 -amino antipirina en solución alcalina tamponada a pH sobre 10. La absorbancia de este producto coloreado es proporcional a la concentración de fenoles presentes en la muestra acuosa.

7.2. Procedimiento

Procedimiento para los valores de fenoles en las aguas del lavado del café:

Para comprender la funcionalidad del equipo, es necesario ver la ficha técnica del Kit, **HI – 3864 de Hanna**

- Comprobar si el espejo y la LR (/ L 0 ÷ 1 mg) de disco son ya pre-instalado en el corrector. Si no es así, instale como se muestra en la figura, para ver las figuras es necesario las imágenes dela ficha técnica del HI 3864.
- Llenar cada vial de vidrio con 10 ml de la muestra, hasta la marca.

- Insertar uno de ellos en el orificio izquierdo de la checker disc. Este es el blanco. 1 vial de vidrio paquete de HI 3864A-0 Reactivo. Reemplazar la tapa y mezcla.
- Añadir 1 paquete de HI 3864B-0 Reactivo.
- Iniciar el tiempo de espera de 10 minutos. Coloque la tapa y agitar el vial hasta que el polvo ha disuelto totalmente. La solución se tomar un color amarillo a naranja. Esto se hace reaccionar la muestra.
- Retire la tapa e inserte la muestra tratada en la abertura de la mano derecha del checker disc.
- Mantener el checker disc de forma que una fuente de luz ilumina la muestra de la parte superior.
- Después de los 10 minutos tienen pasado, girar el disco mientras mira a la prueba de color ventanas y parada cuando se encuentra la coincidencia de color. Leer el valor en la ventana de resultados y grabarlo en mg / L (o ppm) de fenoles.
- Si el color de la muestra es demasiado intenso para hacer un color coincidir con el espejo instalado, a continuación, eliminar de la checker disc: Los viales de vidrio, ii. el disco LR iii. el espejo y su soporte.
- Instalar la HR (0,5 ÷ 5 mg /L) del disco y reemplazar el vidrio viales en el disco corrector.
- Mantenga el checker disc de forma que una fuente de luz ilumina la muestra en las ventanas traseras.
- Girar el disco mientras mira a las ventanas de test de color y para cuando se encuentra la coincidencia de color. Lea el valor en el resultado ventana y grabarlo en mg / L (o ppm) de fenoles. Para obtener los mejores resultados: Las muestras intensamente coloreadas hará que el color búsqueda de determinación difícil y que deberían ser tratada adecuadamente antes de realizar la prueba. Suspendida materia en grandes cantidades debe ser eliminado por filtración previa.

Precaución: La radiación ultravioleta puede causar la decoloración de los colores. Cuando no esté en uso, mantenga el disco protegido de la luz, en un lugar fresco y seco.

Procedimiento para los valores de Nitratos en las aguas del lavado del café:

- Para comprender la funcionalidad del equipo, es necesario ver la ficha técnica del Kit HI – 3874
- Llene la cubeta de cristal con 10 mL de la muestra, hasta la marca.
- Añada 1 paquete de reactivo HI 3874-0.
- Vuelva a colocar la tapa y agite vigorosamente durante exactamente 1 minuto. Puede quedar algún depósito, pero no afectará a la medición. El tiempo y el modo de agitarlo puede afectar a los resultados.

- Espere 4 minutos a que el color se desarrolle. Retire la tapa y llene el cubo comparador de color con 5 mL de la muestra tratada (hasta la marca).
- Determine qué color se empareja con la solución en el cubo y registre el resultado como mg/L (ppm) de nitrato-nitrógeno.

Procedimiento para los valores de Fosforo en las aguas del lavado del café:

Para comprender la funcionalidad del equipo, es necesario ver la ficha técnica del Kit, **HI – 3833 de Hanna**

- Retire la tapa del vaso de plástico. Enjuague el vaso de plástico con la muestra de agua, llénelo hasta la marca de 10 mL.
- Añada 1 paquete de reactivo HI 3833-0.
- Vuelva a colocar la tapa y mezcle la solución hasta que los sólidos se disuelvan.
- Quite la tapa y transfiera la solución al cubo comparador de color. Déjelo reposar durante 1 minuto.
- Determine qué color se ajusta mejor al sol en el vaso, y registre los resultados como mg/L (o ppm) PO_4

Procedimiento para los valores de pH, Temperatura y conductividad en las aguas del lavado del café, con el Multiparamétrico HI 9811.

Mediciones de pH.

- Para realizar mediciones de pH, simplemente sumerja la punta (4cm) de la sonda en la muestra a analizar.
- Seleccione modo pH.
- Agítela brevemente y espere un par de minutos a que la lectura se ajuste y estabilice. El display muestra el valor pH.
- Si se realizan mediciones sucesivas en muestras diferentes, se recomienda enjuagar (limpiar) la sonda minuciosamente para eliminar la contaminación cruzada. Tras la limpieza, se recomienda enjuagar la sonda con un poco de la muestra a medir a continuación.

Mediciones de ce/tds o conductividad

- Dé unos ligeros toques con la sonda en el fondo del vaso para eliminar cualquier burbuja de aire que pudiera haber quedado atrapada en la punta.
- Sumerja la sonda en la solución. Espere un par de minutos a que se alcance el equilibrio térmico.

- De unos toquecitos con la sonda en el fondo del vaso, a continuación agítela ligeramente mientras la hace girar para garantizar que no queden burbujas de aire atrapadas dentro de la sonda.
- Pulse la tecla "µS/cm" o (mg/l). Gire el potenciómetro de calibración de CE/ TDS hasta que el display muestre la lectura de CE o TDS a 25ºC.

Mediciones de temperatura

- Seleccione modo °C. Agítela brevemente y espere un par de minutos a que la lectura se ajuste y estabilice. El display muestra el valor temperatura. Nota: Si el display muestra solo un "1" en el extremo izquierdo, la lectura está fuera de rango. Nota: Se recomienda limpiar la sonda frecuentemente son Solución de Limpieza HI 700661.
- Nota: Tras haber completado las mediciones, se deberá desconectar el instrumento, limpiar la sonda y cubrirla con la tapa protectora.

Para mayor claridad del procedimiento ver la ficha técnica del Multiparamétrico HI 9811

Comprobación de datos de campo con un laboratorio especializado

Con el fin de presentar dentro del proyecto de investigación, que los datos capturados en campo con kits son representativos, se proyecta tomar una muestra compuesta para ser llevado a un laboratorio especializado y posterior a ello desarrollar la comparación entre el laboratorio y los datos recolectados en campo y de esta manera asegurar la alta confidencialidad en los mismos.

Para la verificación de los datos del laboratorio se presentan en el **anexo 21**

Tabla 10, Comparación de datos:

Datos del laboratorio AMBILAB:		**Datos del prototipo:**	
pH de entrada: **5,17**	pH de salida: **6,40**	pH de entrada: **4,64**	pH de salida: **6,73**
Fosforo entrada: **3,37 mg/L**	Fosforo de salida: **0,602 mg/L**	Fosforo entrada: **4,82 mg/L**	Fosforo de salida: **1,4 mg/L**

De acuerdo con la comparación de muestras realizadas entre el laboratorio especializado de AMBILAB, y los muestreos de campo, se pudo confirmar la remoción de algunos parámetros fisicoquímicos generados por el sistema de fitorremediación de buchones de agua, esto confirma que el diseño y el prototipo está capacitado para la implementación de fincas cafeteras no superiores a 5 Ha para la mitigación de impactos ambientales generados por las aguas residuales del lavado del café.

7.3.Consolidación de datos de campo

En la tercera fase se consolidan los resultados obtenidos, los cuales se presentan en las siguientes tablas:

Datos de la entrada del sistema:

Se debe comprender que los datos capturados en campo de la entrada del sistema, corresponden al vertimiento del agua residual de lavado de café disuelto, y que el ingreso de este vertimiento corresponde a un lapso estimado entre 1 a 3 horas, es decir que el vertimiento no es continuo, sino que depende de la producción de la finca y esta se realiza una o dos veces a la semana.

Tabla 11: Datos de la entrada del sistema

Variables	Fenoles (mg/L)	Fósforo T (mg/L)	Nitratos (mg/L)	pH	Conductividad Eléctrica (µS/s)	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)
Entrada STAR							
1	5	5	10	4,8	630	22	0,12
2	5	4	10	4,6	490	20,9	0,2
3	5	5	5	4,5	550	20,5	0,22
4	5	5	5	4,6	510	21,6	0,18
5	5	5	10	4,6	540	22,5	0,16
6	5	4	5	4,5	480	21,5	0,14
7	5	5	5	4,7	490	20,3	0,14
8	5	5	10	4,7	420	19,8	0,16

9	5	5	10	4,6	520	21	0,17
10	5	5	10	4,5	550	21,2	0,22
PROMEDIO	**5**	**4,82**	**8,18**	**4,64**	**528,18**	**21,21**	**0,17**
DEVST	**0**	**0,40**	**2,52**	**0,13**	**62,58**	**0,81**	**0,03**

Datos de la salida del sistema:

Se debe comprender que los datos capturados en campo de la salida del sistema, corresponden al agua tratada dentro del sistema de fitorremediación con buchones de agua, y que el vertimiento es continuo.

Tabla 12: Datos de la salida del sistema:

Variables	Fenoles (mg/L)	Fósforo T (mg/L)	Nitratos (mg/L)	pH	Conductividad Eléctrica (µS/s)	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)
Salida STAR							
1	0,5	2	0	6,6	90	23,3	0,06
2	0,7	2	2	6,7	80	23,5	0,04
3	0,5	1	0	6,8	70	22,8	0,05
4	0,6	2	1	6,6	50	23,1	0,07
5	0,5	1	0	6,7	60	22,4	0,08

6	0,5	0	0	6,8	80	23,5	0,06
7	0,5	1	1	6,8	70	23,8	0,07
8	0,7	2	2	6,9	60	32,6	0,08
9	0,5	2	2	6,7	80	22,9	0,05
10	0,5	1	1	6,7	60	23,1	0,06
PROMEDIO	**0,55**	**1,4**	**0,9**	**6,73**	**70**	**24,1**	**0,062**
DEVST	**0,08**	**0,66**	**0,83**	**0,09**	**11,83**	**2,86**	**0,01**

8. RESULTADOS GENERALES:

ANALISIS DE RESULTADOS

Considerando los datos obtenidos en campo se desarrolla un análisis que permite evidenciar

8.1. RESULTADOS DE LA EFICIENCIA DEL PROTOTIPO:

Remoción de las cargas contaminantes en %

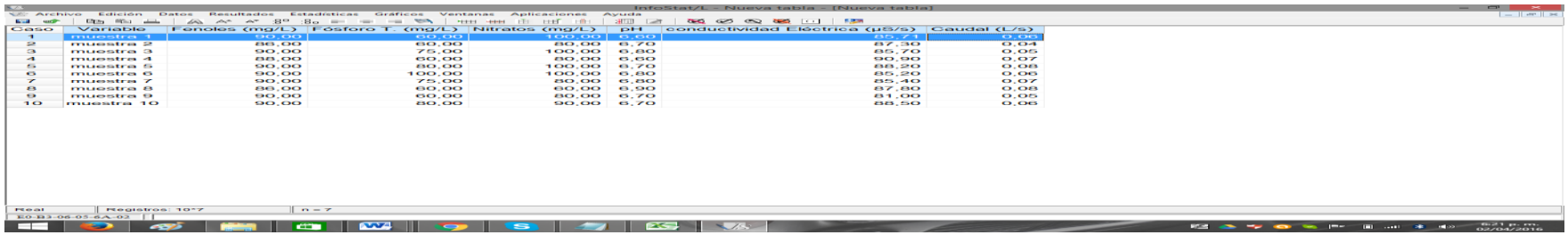
Tabla 13: % de eficiencia:

Los resultados fueron los esperados, con un 89% de remoción de fenoles, con una remoción de 71 de fósforo T. 87% de nitratos, el pH se neutralizo y la conductividad con 86,6 %.

Variables	Fenoles (mg/L)	Fósforo T (mg/L)	Nitratos (mg/L)	pH	Conductividad Eléctrica (µS/s)
1	90	60	100	se neutralizo	85,71
2	86	60	80	se neutralizo	87,3
3	90	75	100	se neutralizo	85,7
4	88	60	80	se neutralizo	90,9
5	90	80	100	se neutralizo	88,2
6	90	100	100	se neutralizo	85,2
7	90	75	80	se neutralizo	85,4

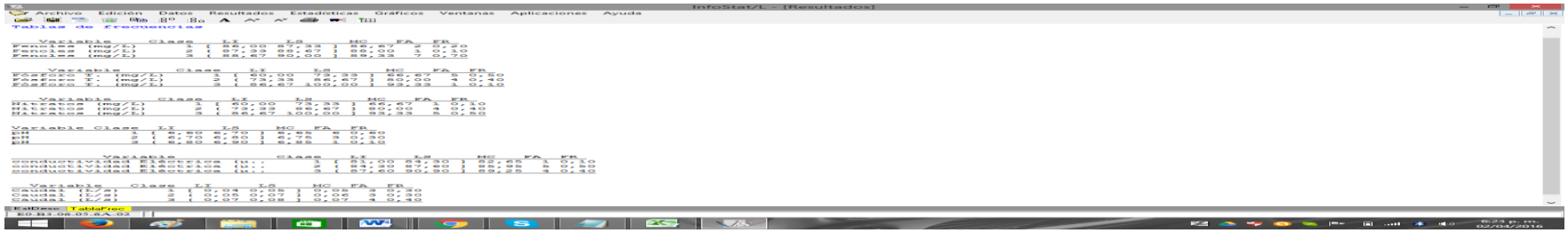
8	86	60	60	se neutralizo	87,8
9	90	60	80	se neutralizo	81,0
10	90	80	90	se neutralizo	88,5
PROMEDIO	**89**	**71**	**87**	**se neutralizo**	**86,6**
DEVST	**1,61**	**12,81**	**12,69**	**se neutralizo**	**2,5**

8.2. ANÁLISIS DE DATOS CON EL PROGRAMA INFOSTAT/L:

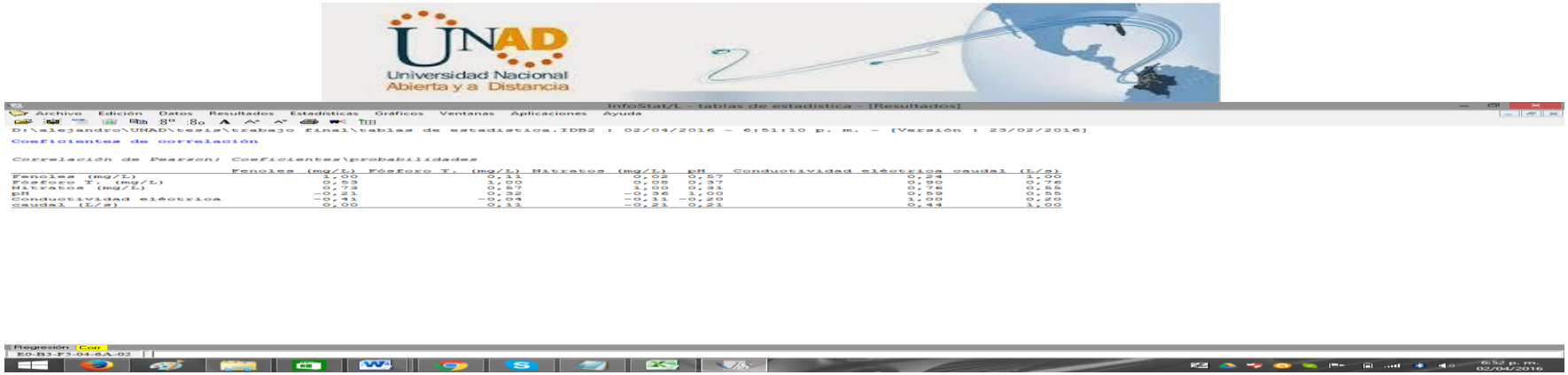


Caso	Variable	Fenoles (mg/L)	Fósforo T. (mg/L)	Nitratos (mg/L)	pH	conductividad Eléctrica (µS/s)	Caudal (L/s)
1	muestra 1	90,00	90,00	100,00	6,60	85,71	0,06
2	muestra 2	80,00	80,00	80,00	6,70	87,30	0,04
3	muestra 3	90,00	75,00	100,00	6,80	85,70	0,05
4	muestra 4	80,00	60,00	80,00	6,60	90,90	0,07
5	muestra 5	90,00	80,00	100,00	6,70	88,20	0,08
6	muestra 6	90,00	100,00	100,00	6,80	85,20	0,06
7	muestra 7	90,00	75,00	80,00	6,80	85,40	0,07
8	muestra 8	86,00	60,00	60,00	6,90	87,80	0,08
9	muestra 9	90,00	60,00	80,00	6,70	81,00	0,05
10	muestra 10	90,00	80,00	90,00	6,70	88,50	0,06

Análisis 1



Análisis 2



Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

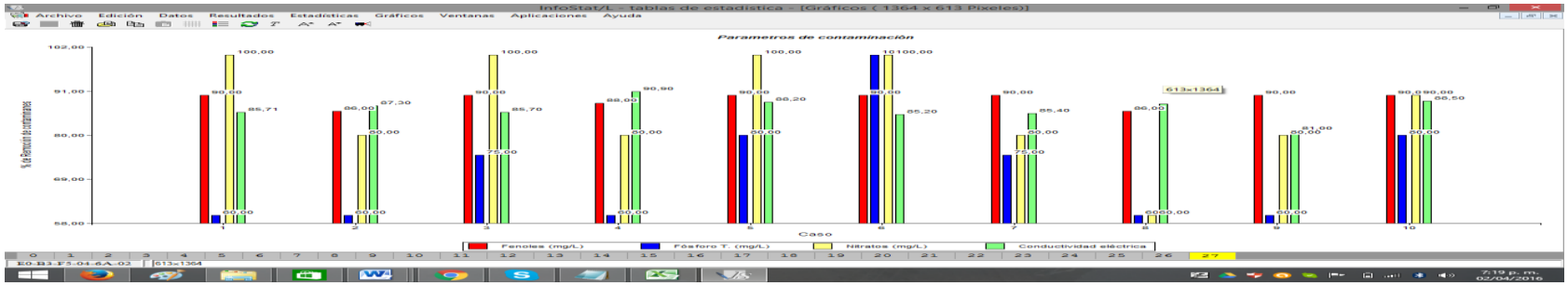
D:\alejandro\UNAD\tesis\trabajo final\tablas de estadistica.IDB2 : 02/04/2016 - 6:51:10 p. m. - [Versión : 23/02/2016]

Coeficientes de correlación

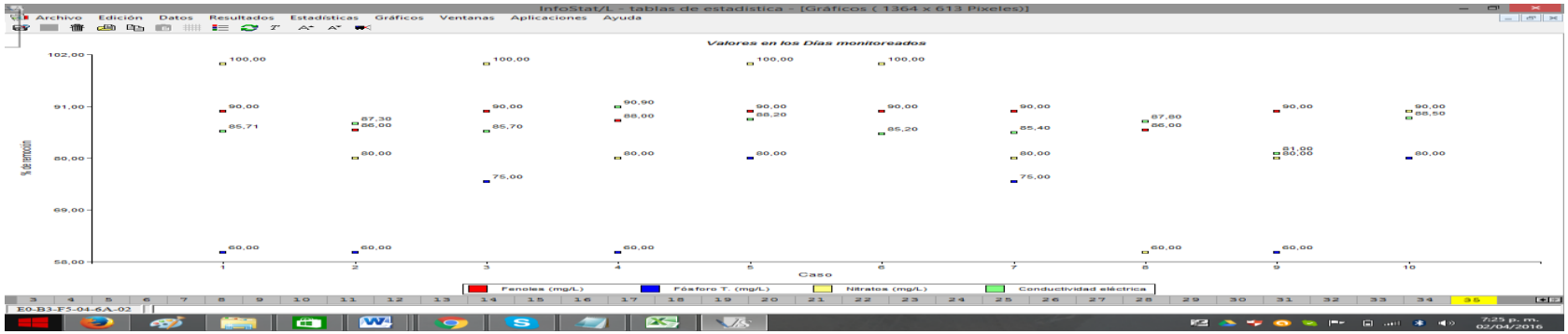
Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Fenoles (mg/L)	Fósforo T. (mg/L)	Nitratos (mg/L)	pH	Conductividad eléctrica	caudal (L/s)
Fenoles (mg/L)	1,00	0,11	0,02	0,57	0,34	1,00
Fósforo T. (mg/L)	0,53	1,00	0,08	0,37	0,90	0,76
Nitratos (mg/L)	0,78	0,57	1,00	0,31	0,76	0,55
pH	-0,21	0,32	-0,36	1,00	0,59	0,55
Conductividad eléctrica	-0,31	-0,04	-0,11	-0,20	1,00	0,20
caudal (L/s)	0,00	0,11	-0,21	0,21	0,44	1,00

Análisis 3



Análisis 4



Análisis 5

8.3. Cuadro de análisis sobre la validez de la eficiencia del proyecto por Infostat/L por la variables de varianza.

Tabla 14, Cuadro de análisis sobre la validez de la eficiencia del proyecto por Infostat/L por la variables de varianza y el Test de Tukey.

Fenoles (mg/L)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Fenoles (mg/L)	20	1.00	1.00	2.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	99.01	1	99.01	27418.85	<0.0001
Situación	99.01	1	99.01	27418.85	<0.0001
Error	0.06	18	3.6E-03		
Total	99.08	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05646

Error: 0.0036 gl: 18

Situación	Mediasn		E.E.		
Salida	0.55	10	0.02	A	
Entrada	5.00	10	0.02		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fósforo T (mg/L)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Fósforo T (mg/L)	20	0.91	0.90	18.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	57.80	1	57.80	173.40	<0.0001
Situacion	57.80	1	57.80	173.40	<0.0001
Error	6.00	18	0.33		
Total	63.80	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.54246

Error: 0.3333 gl: 18

Situacion	Mediasn		E.E.		
Salida	1.40	10	0.18	A	
Entrada	4.80	10	0.18		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Nitratos (mg/L)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Nitratos (mg/L)	20	0.79	0.78	43.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	252.05	1	252.05	67.82	<0.0001
Situacion	252.05	1	252.05	67.82	<0.0001
Error	66.90	18	3.72		
Total	318.95	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.81135

Error: 3.7167 gl: 18

Situacion	Mediasn		E.E.		
Salida	0.90	10	0.61	A	
Entrada	8.00	10	0.61		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

pH

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
pH	20	0.99	0.99	1.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22.47	1	22.47	2379.39	<0.0001
Situacion	22.47	1	22.47	2379.39	<0.0001
Error	0.17	18	0.01		
Total	22.64	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09131

Error: 0.0094 gl: 18

Situacion	Mediasn		E.E.		
Entrada	4.61	10	0.03	A	
Salida	6.73	10	0.03		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Conductidad Eléctrica

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Conductidad Eléctrica (µS/..	20	0.97	0.97	13.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1003520.00	1	1003520.00	619.46	<0.0001
Situacion	1003520.00	1	1003520.00	619.46	<0.0001
Error	29160.00	18	1620.00		
Total	1032680.00	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=37.81660

Error: 1620.0000 gl: 18

Situacion	Mediasn	E.E.	
Salida	70.00 10	12.73	A
Entrada	518.00 10	12.73	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Temperatura (°C)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Temperatura (°C)	20	0.33	0.30	9.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor

Modelo.	44.10	1	44.10	9.06	0.0075
Situacion	44.10	1	44.10	9.06	0.0075
Error	87.64	18	4.87		
Total	131.75	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.07321

Error: 4.8689 gl: 18

Situacion	Mediasn	E.E.		
Entrada	21.13	10	0.70	A	
Salida	24.10	10	0.70		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Caudal (L/s)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Caudal (L/s)	20	0.83	0.82	22.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.06	1	0.06	88.74	<0.0001
Situacion	0.06	1	0.06	88.74	<0.0001
Error	0.01	18	6.7E-04		
Total	0.07	19			

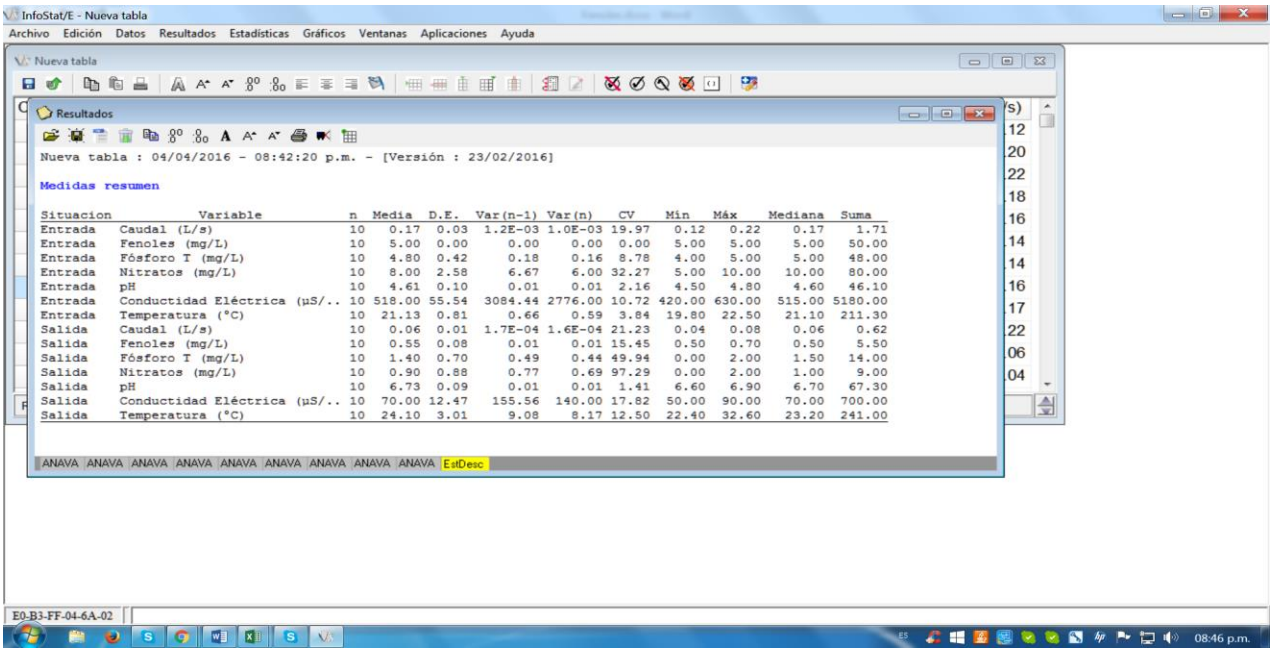
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02431

Error: 0.0007 gl: 18

Situacion	Mediasn		E.E.	
Salida	0.06	10	0.01	A
Entrada	0.17	10	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

ESTADISTICA GENERALES



Situacion	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Var(n)	CV	Min	Máx	Mediana	Suma
Entrada	Caudal (L/s)	10	0.17	0.03	1.2E-03	1.0E-03	19.97	0.12	0.22	0.17	1.71
Entrada	Fenoles (mg/L)	10	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	50.00
Entrada	Fósforo T (mg/L)	10	4.80	0.42	0.18	0.16	8.78	4.00	5.00	5.00	48.00
Entrada	Nitratos (mg/L)	10	8.00	2.58	6.67	6.00	32.27	5.00	10.00	10.00	80.00
Entrada	pH	10	4.61	0.10	0.01	0.01	2.16	4.50	4.80	4.60	46.10
Entrada	Conductidad Eléctrica (µS/..	10	518.00	55.54	3084.44	2776.00	10.72	420.00	630.00	515.00	5180.00
Entrada	Temperatura (°C)	10	21.13	0.81	0.66	0.59	3.84	19.80	22.50	21.10	211.30
Salida	Caudal (L/s)	10	0.06	0.01	1.7E-04	1.6E-04	21.23	0.04	0.08	0.06	0.62
Salida	Fenoles (mg/L)	10	0.55	0.08	0.01	0.01	15.45	0.50	0.70	0.50	5.50
Salida	Fósforo T (mg/L)	10	1.40	0.70	0.49	0.44	49.94	0.00	2.00	1.50	14.00
Salida	Nitratos (mg/L)	10	0.90	0.88	0.77	0.69	97.29	0.00	2.00	1.00	9.00
Salida	pH	10	6.73	0.09	0.01	0.01	1.41	6.60	6.90	6.70	67.30
Salida	Conductidad Eléctrica (µS/..	10	70.00	12.47	155.56	140.00	17.82	50.00	90.00	70.00	700.00
Salida	Temperatura (°C)	10	24.10	3.01	9.08	8.17	12.50	22.40	32.60	23.20	241.00

Análisis 6, ESTADISTICA GENERALES

Análisis generales del programa estadístico de Infostat:

1. Fosforo:

De acuerdo con los valores estipulados por Infostat superan la remoción en un 50% esto estipula los diagramas de barraren en los 10 muestreos realizados, como podemos ver en el **análisis 3,** el fosforo tienen valores de remoción de 60% hasta picos del 100%, se verifica el test de Tukey donde se puede observar la **tabla 14,** tiene una remoción de 63,80%, por ello valida la exactitud de la remoción.

2. Nitrato:

Los valores estipulados por Infostat superan la remoción en un 75% esto se evidencua con los diagramas de barraren en los 10 muestreos realizados, se pudo verificar en el **análisis 3,** el

nitrato tienen valores de remoción entre 75% hasta picos del 100%, y por ende de acuerdo con el Test de Tukey donde se puede observar la **tabla 14,** tiene una remoción de 69,90%, por ello valida la exactitud de la remoción Fenoles

Los parámetros estipulados por Infostat superan la remoción en un 90% de acuerdo con los diagramas de barraren en los 10 muestreos realizados, como podemos ver en el **análisis 3,** el fosforo tienen valores de remoción de 90% hasta picos del 100%, esta información se valida con el Test de Tukey donde se puede observar la **tabla 14,** tiene una remoción de 99,01%, por ello valida la exactitud de la remoción.

3. pH.

Aunque el pH no se mide la remoción pero si la neutralización, y acorde con los análisis del test de Tukey en el programa de Infostat, los resultados comprobaron que el prototipo ayudo la neutralización del pH en un 22,64%, esto concuerda que entre más analizamos los resultados dodos por el programa, más se confirma la eficiencia del mismo sistema de remoción de contaminantes de generados por el lavado del café.

4. Conductividad eléctrica:

Con el comportamiento de los valores estipulados por Infostat superan la remoción en un 80% de acuerdo con los diagramas de barraren en los 10 muestreos realizados, como podemos ver en el **análisis 3,** el fosforo tienen valores de remoción de 80% hasta picos del 90%, se comprobó con el Test de Tukey donde se puede observar la **tabla 14,** tiene una remoción del 94 %, por ello valida la exactitud de la remoción, cabe resaltar que el agua de acuerdo a sus características fisicoquímicas la conductividad o los minerales disueltos para su conductividad varia con las condiciones actuales del medio ambiente en este caso su remoción fue excelente debido a que los buchones neutralizaron los minerales del lavado del café.

5. Temperatura.

Las condiciones de temperatura aumentan debido a los procesos fisicoquímicos que se están generando en el sistema, esto quiere decir que si hay un breve aumentó de temperatura en la salida como lo demuestra el Infostat especialmente el test de Tukey, está demostrado que hay un sistema eficiente en el momento de remover minerales y por ende hay una interacción positiva entre bacterias – planta y el prototipo, esto se debe a lo establecido por la ley colombiana en el tratamiento de aguas residuales los resultados de temperatura en la salida de cualquier sistema no supere los 28°C, no hay contaminación por la misma.

9. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR LA MATRIZ DE LEOPOLD

Factores biofísicos y socio-económicos relevantes para la evaluación

En base a las actividades del proyecto, se identificaron potenciales impactos sobre algunos de los múltiples componentes ambientales. En la siguiente tabla se muestran los factores del medio que han sido considerados relevantes en esta evaluación y sobre los cuales se evaluará el potencial impacto.

Para evaluar los impactos se utilizó una matriz de Leopold (1971) modificada la cual permite mostrar los potenciales impactos ambientales identificados para los componentes biofísicos y socio-económicos y determinar su significancia.

Este método utiliza los criterios de evaluación ambiental previamente definidos, y consiste en asignar parámetros semi-cuantitativos, establecidos en una escala relativa a cada "actividad de proyecto"/"impacto ambiental" interrelacionado. Esta evaluación crea un índice múltiple que refleja las características cuantitativas y cualitativas del impacto.

Sobre la base de asignar valores a los respectivos "puntajes", se armó una matriz que determina la importancia y la jerarquización de los diferentes impactos.

9.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para ponderar la trascendencia de los efectos sobre el medio ambiente se utilizaron criterios de evaluación estándares. La Tabla enumera la evaluación de los tipos y criterios para una debida evaluación del impacto generado por el prototipo de fitorremediación.

Tabla 15, Criterios de evaluación ambiental

Criterio	Evaluación	Definición
Dirección	Positiva (+)	Beneficio neto para el recurso
	Neutra (0)	Ningún beneficio ni perjuicio neto ara el recurso
	Negativa (-)	Perjuicio neto para el recurso
Extensión geográfica	Local (1)	Confinado al área directamente perturbada por el proyecto: para nuestro caso corresponde al predio del relleno sanitario
	Sub-regional (2)	Sobrepasa las áreas pero está dentro de los límites del área de estudio de la evaluación: corresponde al área total destinada al tratamiento de residuos.
	Regional (3)	Se extiende más allá de los límites regionales: para nuestro caso se considera la ciudad de Olavarría
Duración	Corto plazo (1)	Menos de 1 año
	Mediano plazo (2)	Entre 1 y 5 años

	Largo plazo (3)	Más de 5 años
Magnitud	Ninguna (0)	No se prevé ningún cambio
	Baja (1)	Se pronostica que la perturbación será algo mayor que las condiciones típicas existentes
	Mediana (2)	Se pronostica que los efectos están considerablemente por encima de las condiciones típicas existentes, pero sin exceder los criterios establecidos en los límites permisibles o causan cambios en los parámetros económicos, sociales, biológicos bajo los rangos de variabilidad natural o tolerancia social
	Alta (3)	Los efectos predecibles exceden los criterios establecidos o límites permitidos asociados con efectos adversos potenciales o causan un cambio detectable en parámetros sociales, económicos, biológicos, más allá de la variabilidad natural o tolerancia social.
Frecuencia	Continua (4)	Ocurrirá continuamente
	Aislada (3)	Confinado a un período específico
	Periódica (2)	Ocurre intermitente pero repetidamente
	Ocasional (1)	Ocurre intermitente y esporádicamente
	Accidental (0)	Ocurre rara vez

Probabilidad de ocurrencia	Baja (0,1 - 0,3)	Poco probable
	Media (0,4 – 0,7)	Posible o probable
	Alta (0,8 – 1)	Cierta
Reversibilidad	Corto plazo (0)	Puede ser revertido en un año o menos
	Mediano plazo (1)	Puede ser revertido en más de un año, pero menos de diez
	Largo plazo (2)	Puede ser revertido en más de diez años
	Irreversible (3)	Efectos permanentes

- La Clasificación Ambiental para cada impacto es una expresión numérica que se determina para cada impacto ambiental evaluado, y es el resultado de la interacción de cada atributo para caracterizar los impactos ambientales
- Los impactos ambientales clasificados para todos los componentes ambientales se evaluaron de acuerdo a los criterios de importancia utilizando los rangos de valor que aparecen a continuación en la Tabla de Rangos de valor de la importancia.

9.2.CLASIFICACIÓN DE COLORES:

Tabla 16, CLASIFICACIÓN DE COLORES

				Código de color
15	a	10.1	Altamente positivo	Verde
10	a	5.1	Moderadamente positivo	Verde claro
5	a	0	Levemente positivo	Blanco
-0.1	a	-5	Levemente negativo	Amarillo
-5.1	a	-10	Moderadamente negativo	Anaranjado
-10.1	a	-15	Altamente negativo	Rojo

En la actividad de la construcción: no se alteró el ecosistema, no hubo grandes movimientos de tierra, no se afectó a los vecinos de la vereda ya sea con ruido, olores, residuos.

En la etapa de operación aumento un poco los impactos negativos entre esos la generación de olores, debido a la transformación del agua en la cual contenía altos niveles de fenol, y debido a los proceso de fitorremediación se comienza a estabilizar y a comenzar a convertirse en agua de humedal, esto es un gran avance debido que el sistema se ha transformado en un gran impacto positivo debido a que bioindicadores de otras partes como lo son las aves rastreadoras de humedales “ibis negro y la pollita de agua, comienza a interactuar con el sistema y así la comunidad no lo vea como algo mecánico sino como algo natural, aunque los factores ambientales tienen unos contratiempos negativos que afecta a los vecinos del proyecto se compensa que el impacto ambiental positivo generado por el proyecto ayudara a mas comunidades y fincas a implementarlo y por ende se buscara un desarrollo sostenible de la región y haya una interacción entre hombre – naturaleza sin afectar a unos a otros.

9.3.Componentes ambientales: factores relevantes

ACTIVIDAD	COMPONENTES	CÓDIGO	FACTORES RELEVANTES	Alteración
CONSTRUCCIÓN	AIRE	1	Ruido	En el momento de la construcción no se genera ruido
		2	Gases y partículas.	No se genera ni gases ni partículas
		3	Olores	No se genera olores
	AGUA	4	Superficiales	No se utiliza aguas
		5	Subterráneas	No se utiliza agua
	FLORA Y FAUNA	6	Hábitat / Microclima	no altera el microclima
		7	Diversidad	No altera la diversidad
	SUELO	8	Topografía / erosión	no hay erosión, debido a que no se mueve altas cantidades de tierra
		9	Composición (calidad)	No altera la composición del suelo
	PAISAJE	10	Impacto visual	No hay cambios en la estructura del bosque
	SOCIO-ECONÓMICOS	11	Mano de obra / empleo	No se genera gran cantidad de empleo

		12	Emprendimientos productivos/Nuevas actividades	Nueva tecnología artesanal
		13	Sitios de interés arqueológico/cultural	No sitios de interés
OPERACIÓN	AIRE	1	Ruido	No se genera ruido
		2	Gases y partículas.	Se genera poco gas debido a los cambios químicos del prototipo, entre esos el metano producto del fenol y otros gases no identificados
		3	Olores	Genera altos olores debido al tratamiento que se le hacen a las aguas del lavado del café
	AGUA	4	Superficiales	Hay cambios positivos debido al proceso biológico del agua
		5	Subterráneas	No hay contacto con las aguas subterráneas
	FLORA Y FAUNA	6	Hábitat / microclima	En el momento de estar funcionando el prototipo intervienen bioindicadores a la respuesta del cambios físicos y químicos del agua.
		7	Diversidad	Emigran diferentes tipos de aves al lugar de operación del prototipo

	SUELO	8	Topografía / erosión	No hay erosión
		9	Composición (calidad)	Hay gay cambios en la tierra
	PAISAJE	10	Impacto visual	El impacto visual es mínimo
	SOCIO-ECONÓMICOS	11	Mano de obra / empleo	No se genera grandes empleos
		12	Emprendimientos productivos/nuevas actividades	El emprendimiento es de nivel nacional, porque el cambio de pensar de las personas sobre el impacto generado por los vertimientos de las aguas del lavado de café va ser cambiado por la nueva tecnología artesanal para el tratamiento de las aguas.
		13	Sitios de interés arqueológico/cultural	No hay sitios de interés arqueológico ni cultural.

Tabla 17, Componentes ambientales: factores relevantes

9.4.Matriz de impacto para el sistema de remoción de fenoles, fosforo y nitrato del lavado del café con un proceso de fitorremediación.

Actividades / Factores Ambientales	Ruido	Gases y partículas.	Olores	aguas Superficiales	aguas Subterráneas	Hábitat / microclima	Diversidad	Topografía / erosión	Composición (calidad)	Impacto visual	Mano de obra / empleo	Emprendimientos productivos/nuevas actividades	sitios de interes arqueológico/cultural	Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Agregación de impactos
CONSTRUCCIÓN	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	1	8	0	**9**	**-2**	**+7**
OPERACIÓN	0	-5	-10	12	0	5	5	0	0	0	1	10	0	**33**	**15**	**+18**
Afectaciones positivas	**0**	**0**	**0**	**12**	**0**	**5**	**5**	**0**	**0**	**0**	**2**	**18**	**0**	Comprobación		
Afectaciones negativas	**0**	**-5**	**-10**	**0**	**0**	**0**	**0**	**-2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**25**	**-4**	**21**
Agregación de impactos	**0**	**-5**	**-10**	**12**	**0**	**5**	**5**	**-2**	**0**	**0**	**2**	**18**	**0**	**66**	**38**	**59**

Tabla 18, MATRIZ DE CALIFICACIÓN LEOPOLID

El impacto ambiental generado por el proyecto de fitorremediación con buchones de agua es positivo con una puntuación de 59.

10. CONCLUSIONES:

- De acuerdo con la investigación anterior Se concluye que el prototipo para la remoción de fenoles, fosforo y nitratos, funciona con lo establecido por la norma de vertimientos en el momento de verter contaminantes a fuentes hídricas, se plantearon unas estrategias como son la dilución de la carga contaminante con una fuente natural y la estabilización de los buchones con las características planteadas anteriormente, la producción de café a nivel nacional podrá disminuir el impacto negativo generado por los vertimientos del lavado del mismo esto ayudara a compensar el gran impacto generado a las fuentes hídricas dela región generada por la producción del café.
- Remoción de la carga contaminante del sistema de fitorremediación con buchones de agua es de 89% de fenoles, 71% de fósforo total, 87% de nitratos, neutralización de pH y con 86.6% de conductividad.
- Se pudo confirmar que los resultados obtenidos por el programa estadístico de Infostat , la remoción de la carga contaminante generada por el lavado del café se neutralizó en más de un 80% de acuerdo con los resultados obtenidos por el Test de Tukey en la cual tiene una validez del 95%.
- A medida que estabiliza el sistema se presentan bioindicadores los cuales señalan que las condiciones del agua residual ha mejorado y el sistema funciona. Entre los bioindicadores que se verán son las pollitas de agua *(gallinula chloropus)* y el ibis negro de humedales *(plegadis ridgwayi)*, esto es un claro ejemplo de la biodiversidad colombiana y los impactos positivos que se puedan manejar en la región. Este prototipo en el tiempo tiende a transformarse en un humedal artificial. **Anexo 20.**
- Los porcentajes presentados por la remoción del sistema, cumplen con la normatividad Colombiana de vertimientos en la cual se evidencia en las tablas 2, 3, 4, 5, 6 y la 13 donde muestra los porcentajes, esta evidencia demuestra que los sistemas naturales son eficientes e igual o mejores que los industriales, esto es un gran paso para incentivar a la población rural una estrategia para que ellos las implanten y ayuden con la protección de los recursos hídricos de la región.
- Para estabilizar el sistema de aguas residuales rurales del lavado del café, es necesario neutralizar las cargas contaminantes de fenol que afectan a la mayoría de los acuíferos y sistemas hídricos de la región. Al mezclarse agua residual de lavado de cafe y agua del nacedero, el buchón de agua que es la planta utilizada como parte del proceso del sistema de fitorremediación, puede absorber mejor los fenoles y por ende el prototipo se adapta mejor a las condiciones climáticas y atmosféricas de la región y cómo podemos comprobar en la tabla 3, la remoción es de casi el 90%.
- Lo importante de implementar un sistema de esas características es su bajo costo de implementación en la cual lo hace asequible a la comunidad rural, para que así se minimicen los impactos negativos generados por el lavado del café.

- De acuerdo a los resultados de la matriz de evaluación de Leopold, el resultado de impacto generado al medio ambiente y a la sociedad es positivo con una numeración de más de 50 puntos establecidos por los criterios de evaluación, esto resalta que la importancia de implementar sistemas naturales para la remoción de contaminantes es un logro a favor para la sociedad y para el medio ambiente esto resalta que las aguas generadas por el lavado del café son las que destruyen más los ecosistemas acuáticos y en el momento de tratar estos efluentes con sistemas convencionales naturales el impacto es de magnitud positiva como lo describe la matriz de Leopold realizada anteriormente.
- De manera personal la investigación se enfatizó en cómo se puede remediar un impacto negativo a gran escala y mas que tiene que ver con la principal actividad económica de nuestra región que es el café, sin afectar los recursos económicos de las personas y apoyando el desarrollo sostenible de la región.

11. RECOMENDACIONES:

- Este prototipo, se proyecta como un modelo para que la mayoría de las fincas no mayores de 5 hectáreas cultivadas de café, puedan ser implementadas de forma tal que los cultivos de café y el medio ambiente puedan interactuar, sin afectar las futuras generaciones.
- Se sugiere que este prototipo sea utilizado como una alternativa para minimizar los impactos negativos generados por el lavado del café.
- Puesto que en este la investigación del sistema de fitorremediación no está evaluado en tiempo de máxima cosecha de acuerdo con el estudio con la anterior se puede continuar evaluando el prototipo.
- El sistema está diseñado para fincas cafeteras no superiores a 5 hectáreas, cabe resaltar que la gente que tenga fincas cultivadas con más de 5 hectáreas es recomendable que aumente el área para el sistema de tratamiento de aguas residuales rurales del lavado del café, para que no afecte las condiciones físico químicas del sistema, esto quiere decir a mas cultivo de café mayor será la carga contaminante, y puede afectar y no funcionar los buchones de agua.
- Se propone que para funcione el prototipo es necesario un vertimiento natural no más de 0.05L/seg de manera intermitente para que las condiciones y las cargas contaminantes del café no destruya el buchón de agua.
- Para mantener una pequeña cantidad de material vegetal como son los buchones de agua y estos no invadan totalmente el espejo de agua, puede ser útil plantar árboles a lo largo de las orillas, ya que generalmente, una disminución de la intensidad de luz reduce el crecimiento del buchón de agua.
- Considerando que el buchón de agua, cuenta con un alto porcentaje de agua en 92-95% según algunos estudios), es necesario la disposición de la macrófita lejos de lugares húmedos, sin embargo al contener nutrientes en alta concentración, este residuo orgánico sirve para tratamientos de tierras estériles, ya que tiene un alto potencial como sustrato orgánico y en los procesos de sucesión de la vegetación en la zona.
- Se sugiere que el buchón por tener un alto contenido mineral se puede utilizar como un complementario alimenticio para algunos animales; por ejemplo el buchón hervido junto con otros suplementos es utilizado en china en la alimentación de cerdos y en Indonesia, Filipinas y Tailandia, para alimentar patos y pescados. También se ha reportado el uso del buchón y de la elodea como suplemento en pollos en crecimiento, lo cuales demostraron tener buena ganancia de peso, sin demostrar efectos negativos en el crecimiento (Alvarado y González, 1994). En rumiantes es posible realizar ensilados con el buchón

premarchito, ya que pruebas de alimentación en vacas lecheras se ha comprobado que no se afecta la producción o ganancia de peso (Dillon et al., 1988; Malik, 2007). Para el debido manejo del buchón de agua sirve de alimento para las aves de corral porque en este caso las macrófitas se constituyen en una fuente muy importante de xantofila lo cuales son pigmentos que se encuentran contenidos en los carotenos los cuales son aceites solubles encontrados en algunas plantas. Existe una gran diversidad de xantofilas, algunas de estas son muy eficaces en la impartición del color amarillo en la piel de los pollos y en el oscureciendo el color de la yema de huevos. Por otra parte, La xantofila contenida en las plantas acuáticas dio como resultado una coloración buena para incitar las yemas; Al igual que la xantofila contenida en el maíz amarillo (LITTLE, 1979).

12. BIBLIOGRAFIAS:

- Agua en Navarra (2010). Parámetros que miden en nutrientes fosfatos y nitratos, recuperado de la página en la facha de 4 de abril de 2016, http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm
- Altamira D., Rincón N., & compañía. (2005). Degradación de fenoles totales durante el tratamiento biológico de aguas de producción petroleras, recuperado de la página en la facha de 4 de abril de 2016, http://www.redalyc.org/pdf/496/49613904.pdf
- CIIFEN (2016)"Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), informe del mes de enero, recuperado de la página en la fecha de 01 de febrero de 2016, http://www.ciifen.org/images/stories/boletinciifen/Boletn_CIIFEN_Enero_2016.pdf
- CIIFEN (2016)"Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), informe del mes de febrero, recuperado de la página en la fecha de 01 de febrero de 2016, http://www.ciifen.org/images/stories/boletinciifen/Boletn_CIIFEN_Febrero_2016.pdf
- Decreto 0631 del 2015, ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, "por lo cual establece los parámetros y los valores permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado y se dictan otras disposiciones, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf
- Díaz S., Vesga E., & Vega H., (2013). Identificación del manejo de subproductos del beneficio del café en las fincas localizadas en la parte alta de la microcuenca La Sancotea, Vereda Alto de Reinas, Socorro-Santander, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://www.unilibresoc.edu.co/publicaciones/index.php/centauro/article/download/93/70
- Franco A., (2012), Buchón de agua limpiaría ríos contaminados con mercurio, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/buchon-de-agua-limpiaria-rios-contaminados-con-mercurio.html
- García S. (2010). Mitigación del impacto ambiental que generan los residuales sólidos del beneficio de café a partir de la producción de abono orgánico, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar09/HTML/articulo05.htm
- Garbisu C., Epelde L., & Becerril J., (2008). Fitorremediación, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://www.ecologistasenaccion.org/article17857.html

- Martelo J., & Lara J., (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/viewFile/946/850
- Módulo de formación de la plantas y de perfeccionamiento del personal de la planta de tratamiento de aguas residuales, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/022518/022518-03.pdf
- Mora L., (2009). crecimiento sobre buchón y elodea de pleurotus ostreatus y efecto de esta especie fúngica sobre la digestibilidad del sustrato lignocelulósico como potencial alimento para rumiantes, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/8443/1/tesis412.pdf
- Presidencia de la república, norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua, recuperado de la página en la fecha de 1 abril de 2016, https://www.elaw.org/system/files/NCADE.doc
- Real J., & Gutiérrez J., (2010), Biodegradación anaerobia de las aguas generadas en el despulpado del café , recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAAahUKEwjph9fznfzGAhUQGpIKHawFDX0&url=http%3A%2F%2Fwww.revistas.unal.edu.co%2Findex.php%2Fbiotecnologia%2Farticle%2Fview%2F18773%2F19667&ei=tZ-2VanZGJC0yASsi7ToBw&usg=AFQjCNEd8JBFDHpfIMDIdkhWsdprKSvvwA&sig2=Avc2z14lh8VjG5xlYznXDQ
- U.N., (2016), buchón de agua para recuperar tierras degradadas, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/buchon-de-agua-recupera-tierras-degradadas.html
- Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (2004), Proyecto Recuperación de Gas del Relleno Sanitario de la Ciudad de Olavarría, recuperado de la página en la fecha de 4 de abril de 2016, http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/12/08/000160016_20041208162031/Original/e10340EIA0Olavarria0v10.doc

13. LISTA DE ANEXOS:

Anexo 1 Morfología

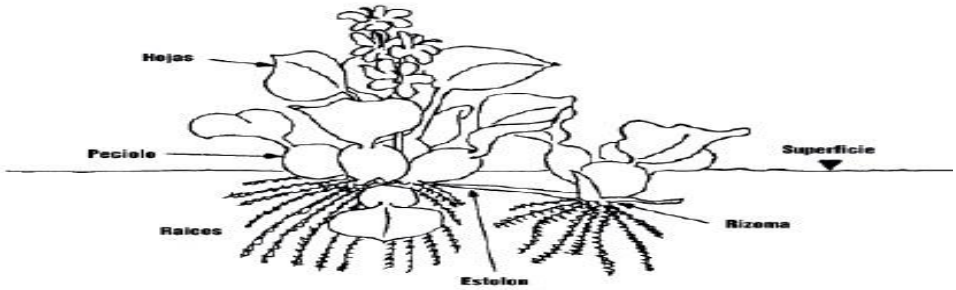


Figura 1: Morfología de una macrófitas flotante (*Eicchornia crassipes*)

Anexo 2 Imagen tomada de Google Earth

Anexo 3 Ubicación por GPS Garmin con una altura 1556 msnm

Imagen tomada del GPS Garmin X-20

Anexo 4 Imagen tomada de Google Earth

Anexo 5 Interior de la finca e instalaciones generales.

Foto tomada por el autor

Anexo 6, acondicionamiento de una alberca

Foto tomada por el autor

Anexo 7, los buchones de agua no resistieron la carga y murieron

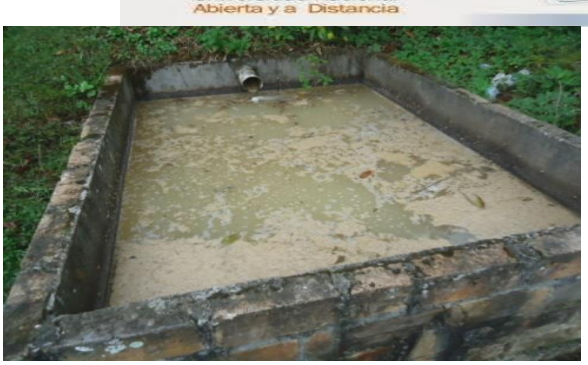


Foto tomada por el autor

Anexo 7.1., nacimiento de agua.

Foto tomada por el autor

Anexo 8 la disolución de los contaminantes y así se lograra que los buchones se estabilizaran

Fotos tomada por el autor

Anexo 9 Memoria de cálculos - generalidades:

Criterios de diseño

Caudal:

$$= 0{,}17\frac{L}{seg}\ que\ equivalen\ a\ 3600\frac{s}{h}\ y\ 1000\frac{L}{1m^3} = \frac{L * m^3 * seg}{seg * 1 * h} = \frac{0{,}17\frac{L}{seg} * 3600\frac{seg}{h}}{1000\frac{L}{1m^3}}$$

$$= 0.612\, {}^{m^3}/_{h}$$

Carga superficial (So) (según Heisman), $0{,}8 * 10^{-3} - 4 * 10^{-3}$

Tiempo de retención:

$$Aplicando\ la\ \ formula = \ t_r = \frac{148{,}5\ m^3}{0{,}612\frac{m^3}{h}}$$

$$= 242{,}64\ h, o\ 10,11\ días, esto\ equivaldria\ al\ tiempo\ necesario\ del\ llenado\ del\ prototipo$$

Altura:

1 – 2 m

Relación largo ancho:

10 m

Dimensionamiento:

$$V = Q * \ t_r\ , dond\ el\ t_r = \ 242{,}64\ h, * \ Q = \ 0{,}612\frac{m^3}{h} = 148{,}5\ m^3$$

Área efectiva:

Tomando la profundidad de H=1,5m, área efectiva es =V/H=

$$A_f = \frac{V}{H} = \frac{148{,}5\ m^3}{1\ m} = 148{,}5\ m^2$$

Relación de largo ancho:

2

A= a *2ª = 148,5 $m^2 = a = 14m,\ L = 10{,}5m$

$$el\ prototipo\ tiene\ un\ acapacidad\ de\ 148{,}5\ m^3$$

para seguir con los calculos es necesario el tiempo de retención del liquido:

$$t_r = \frac{V}{Q} \quad donde: t_r = tiempo\ de\ retención\ del\ liquido, V$$
$$= es\ el\ volumen\ del\ prototipo\ que\ equivale\ 148{,}5\ m^3\ y\ Q$$
$$= es\ el\ caudal\ donde\ cae\ el\ vertimiento, de\ acuerdo\ con\ la\ tabla\ de\ la\ entrada\ del\ sistema\ el$$
$$caudal\ promedio\ es\ de \frac{0{,}17L}{seg}.$$

Y un caudal de salida de 0,062 L/seg.

$$pirmero\ que\ todo\ se\ tiene\ que\ expresar\ los\ caudales\ en \frac{m^3}{h}$$
$$= 0{,}17 \frac{L}{seg}\ que\ equivalen\ a\ 3600 \frac{s}{h}\ y\ 1000 \frac{L}{1m^3} = \frac{L * m^3 * seg}{seg * 1 * h} = \frac{0{,}17 \frac{L}{seg} * 3600 \frac{seg}{h}}{1000 \frac{L}{1m^3}}$$
$$= 0{,}612 \frac{m^3}{h} = aplicando\ la\ anterior\ formula = \ t_r = \frac{148{,}5\ m^3}{0{,}612 \frac{m^3}{h}}$$
$$= \mathbf{242{,}64\ h, o\ 10{,}11\ días, esto\ equivaldria\ al\ tiempo\ necesario\ del\ llenado\ del\ prototipo}.$$

Calculo % de disolución:

Tabla 19: Caracterización físico-química de las aguas residuales del despulpado húmedo (sin disolución)

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
pH inicial	4,6	Taninos (mg/L)	0,16
Temperatura (ºC)	28	Fenoles (mg/L)	80,0
DQO (mg/L)	8936,84	Cafeína (mg/L)	23,0
Nitrógeno total (mg/L)	8,624	AGV (mg HAc/L)	6,96
Nitrógeno amoniacal (mg N-NH3 /L)	1,848	Alcalinidad (mg CaCO3/L)	15,0
Carbohidratos totales (g/L)	0,83	Fosforo total (mg/L)	25,0
Nitrógeno como N-NH3 (mg/L)	15	Solidos Totales (mg/L)	8000

Incluyendo la dilución:

Variables	Fenoles (mg/L)	Fósforo T (mg/L)	Nitratos (mg/L)	pH	Conductividad Eléctrica (µS/s)	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)
Entrada STAR con la dilución.							
PROMEDIO	**5**	**4,82**	**8,18**	**4,64**	**528,18**	**21,21**	**0,17**
% de dilución							
Resultado	93,75	80,72	No hay datos	No cambio de pH	No aplica debido a las sales del café	Bajo 6,79°C	No aplica

Anexo 10 Adecuación del sistema.

Foto tomada por el autor

Anexo 11, humedal donde se extrajeron los buchones y los buchones pequeños:

Fotos tomada por el autor

Fotos tomada por el autor

Anexo 12, buchones medianos:

Fotos tomada por el autor

Anexo 13, buchones grandes:

Fotos tomada por el autor

Anexo 14, buchones secos por el fenómeno del niño:

Foto tomada por el autor

Anexo 15, buchones en el momento del fenómeno del niño

Fotos tomada por el autor

Anexo 16, humedal casi desertificado:

Fotos tomada por el autor

Anexo 17, sistema después de las lluvias:

Fotos tomada por el autor

Anexo 18, fotos de la entrada

Medición de caudal de la entrada

Medición de parámetros físicos de la entrada:

Medición de parámetros químicos de la entrada:

Fotos tomada por el autor

Anexo 19, fotos de salida

Medición de caudal de la salida

Medición de parámetros físicos de la salida:

Medición de parámetros químicos de la salida:

Fotos tomada por el autor

Anexo 20, evidencias de colores del sistema de tratamiento.

Foto tomada por el autor.

Anexo 20, bioindicador "*plegadis ridgwayi*:

Foto tomada por el autor:

Anexo 21, resultados de laboratorio AMBILAB.

Gestión de Operaciones y Laboratorio
CQ-F-001 Versión: 02

AMBILAB

Fecha Modificada: 2016-03-12
Fecha Revisada: 2016-03-12

NIT. 900813726-2

INFORME DE ANALISIS AGUA RESIDUAL

RESULTADOS LABORATORIO No.	M0013-14	FECHA DE REPORTE	2016-04-02

CLIENTE

Nombre Empresa	UNAD	Encargado	Fabian Muñoz
Dirección	Avenida Pastrana N° 19-50 Sur	Teléfono	3214447562
Ciudad	Pitalito	Departamento	Huila

REFERENCIA DE LA MUESTRA

Muestra tomada por	Fabian Muñoz	Plan de muestreo	N.A
Procedimiento N°	N.A	Tipo de Muestreo	Simple
Identificación de la muestra	M0013-14	Punto de muestreo	Entrada y Salida del Prototipo
Lugar de muestreo	Prototipo lugar de muestreo	Fuente	planta de tratamiento UNAD
Latitud	N.A	Fecha de Toma	2016-03-15
Longitud	N.A	Fecha de entrada	2016-03-15
Altura	N.A	Hora muestreo	16:00

RESULTADOS

FECHA DE ANALISIS	PARAMETRO	RESULTADO	LIMITE DE CUANTIFICACIÓN	MÉTODO / TECNICA UTILIZADA	VALORES PERMISIBLES Res. 0631 / 2015
2016-03-19	pH (unidaces de pH) (E)	5,170	1,40	SM 4500-H+B	6,00-9,00
2016-03-19	pH (unidaces de pH) (S)	6,470	1,40	SM 4500-H+B	6,00-9,00
2016-03-19	FOSFATOS (mg/L) (E)	3,370	0,04	SM 4500-P,B,D.	A y R
2016-03-19	FOSFATOS (mg/L (S)	0,602	0,04	SM 4500-P,B,D.	A y R
2016-04-01	NITRITOS (mg/L) (E)	<0,008	0,008	SM 4500-NO2-B	A y R
2016-04-01	NITRITOS (mg/L) (S)	<0,008	0,008	SM 4500-NO2-B	A y R
	FENOLES (mg/L)* (E)		N.E		0,20
	FENOLES (mg/L)* (S)		N.E		0,20

Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.
APRECIADO CLIENTE:A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con quince (15) días para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna informacion de su parte; AMBILAB S.A.S. asume la conformidad de los resultados del analisis.
ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden unicamente a las muestras analizadas.
ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio AMBILAB S.A.S.
ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio AMBILAB S.A.S, serán desechadas quince (15) días después de haber sido recibidas o muestreadas.
N.E: No establecido N.A: No aplica A/R: Analisis y Reporte (<): Menor que el limite de cuantificación; * Parametros subcontratados.
(E): entrada ; (S): salida

VIVIANA ZUÑIGA ORTEGA
DIRECTOR(A) LABORATORIO

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON
GERENTE

Anexo 22: plano del sistema